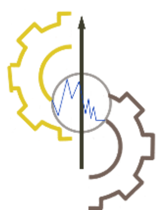
E-ISSN: 2717-4581 | P-ISSN: 2783-1345



Innovation Management and Operational Strategies

www.journal-imos.ir

Inov. Manage. Oper. Stra. Vol. 4, No. 1 (2023) 28–37.





Paper Type: Original Article

Pseudo Inefficiency in Multi-Period Systems: A DEA-Based Approach

Mahsa Torkavannejad[1], Ghasem Tohidi[2], Behrouz Daneshian[2], Mahnaz Maghbouli[3,*], Farzin Modarres Khiyabani[1]

[1] *Department of Mathmatic, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran; torkavan@yahoo.com; iauasrb@gmail.com.*

[2] *Department of Mathmatic, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran; gas.tohidi@iauctb.ac.ir; be_daneshian@yahoo.com.*

[3] *Department of Mathmatic, Aras Branch, Islamic Azad University, Jolfa, Iran; mmaghbouli@gmail.com.*

Citation:



Torkavannejad, M., Tohidi, Gh., Daneshian, B., Maghbouli, M., & Modarres Khiyabani, F. (2023). Pseudo inefficiency in multi-period systems (a DEA-based approach). *Innovation management and operational strategies*, 4(1), 28-PP.

Received: 29/10/2021 Reviewed: 01/12/2021 Revised: 19/01/2022 Accepted: 15/02/2022

Abstract

Purpose: Standard Data Envelopment Analysis (DEA) models measure the efficiency of Decision-Making Units (DMUs) over a period. In actual occasions, multiple periods are presented. In the presence of a multi-period system, overall efficiency depends on the performance of the DMU in all periods. That is to say, periodic efficiencies must be calculated. Also, the overall efficiency is dependent on periodic efficiencies. In other words, a DMU cannot be efficient overall, but it is considered an efficient unit in each separate period. Hence, the question of pseudo-inefficiency is raised. This paper investigates Ratio-based Data Envelopment Analysis (DEA-R) models to detect pseudo-inefficiency in multi-period systems.

Methodology: The proposed algorithm consists of three steps. The average period efficiencies are calculated as the first step and the overall efficiency is evaluated as a block box. For the last step, a ratio of two quantities is estimated. If this ratio is close to unity, these two quantities have no significant difference. Otherwise, the estimate claims pseudo-inefficiency.

Findings: A comparison is made between Kao and Liu [8] and the proposed algorithm to measure the efficiency of 22 Taiwanese commercial banks from 2009-2011. The results demonstrate the proposed method's practicality and superiority compared with the existing multi-period models.

Originality/Value: In the literature, pseudo-inefficiency has been detected by applying periodic weights. This paper proposes a three-step algorithm to investigate pseudo-inefficiency.

Keywords: Multi-period system, Overall efficiency, Periodic efficiency, Pseduo efficiency.

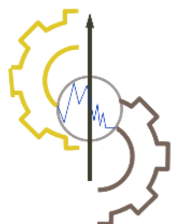
https://doi.org/10.22105/imos.2022.312571.1179

Corresponding Author: mmaghbouli@gmail.com



http://dorl.net/dor/20.1001.1.27831345.1402.4.1.3.3





Innovation Management & Operational Strategies

مدیریت نوآوری و راهبردهای عملیاتی

دوره ۴، شماره (۱)، (۱۴۰۲)، ۳۷-۲۸

www.journal-imos.ir





نوع مقاله: پژوهشی

روشی مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها برای شناسایی ناکارایی کاذب در سیستم‌های چندمرحله ای

مهسا ترکاوان نژاد[1]، قاسم توحیدی[2]، بهروز دانشیان[2]، مهناز مقبولی[3،*]، فرزین مدرس خیابانی[1]

[1]گروه ریاضی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

[2]گروه ریاضی، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

[3]گروه ریاضی، واحد ارس، دانشگاه آزاد اسلامی، جلفا، ایران.

چکیده

هدف: مدل‌های استاندارد تحلیل پوششی داده‌ها، برای ارزیابی کارایی یک سیستم، اطلاعات ورودی و خروجی واحدهای تصمیم‌گیرنده را در یک دوره زمانی در نظر می‌گیرند؛ اما در برخی از سیستم‌های موردبررسی، چند دوره زمانی مجزا و مستقل از هم موردنظر است و کارایی کل سیستم به کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده در هر دوره زمانی وابسته خواهد بود. در این حالت ممکن است واحدی در تمام دوره ها کارا باشد اما کارای کل نباشد؛ که در این صورت با مفهومی به نام ناکارایی کاذب مواجهه خواهیم شد.

روش‌شناسی پژوهش: در این مقاله برای بررسی ناکارایی کاذب در سیستم‌های چند دوره‌ای، به‌جای استفاده از وزن‌ها که از هر دوره زمانی به دست می‌آید، با استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های نسبی، الگوریتمی سه مرحله‌ای پیشنهاد می‌شود. علت استفاده از مدل‌های نسبی به دلیل انعطاف‌پذیری آن‌ها و نزدیک‌تر بودن تقریب آن به واقعیت است.

یافته‌ها: در گام اول الگوریتم، میانگین کارایی‌های دوره‌ای و در گام دوم کارایی سیستم به‌عنوان جعبه سیاه محاسبه می‌شود. نسبت حاصل از این دو کمیت، اگر عددی نزدیک به یک باشد، یعنی این دو برآورد به هم نزدیک هستند و ناکارایی کاذب وجود ندارد و اگر نسبت حاصل از یک بزرگ‌تر باشد در این صورت این دو برآورد از هم فاصله دارند و ناکارایی کاذب موجود است.

اصالت/ارزش افزوده علمی: مقایسه روش پیشنهادی بر روی داده‌های ۲۲ بانک تجاری از تایوان در طی یک دوره زمانی سه ساله با روش پیشنهادی کایو و لیو [8] از لحاظ آماری دلالت بر کاهش پراکندگی اعداد کارایی داشت. همچنین آزمون‌های آماری حاکی از قوت روش پیشنهادی نسبت به روش کایو و لیو [8] می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: تحلیل پوششی داده‌ها مبتنی بر تحلیل کسری، سیستم‌های چند دوره‌ای، کارایی دوره‌ای، کارایی کلی، ناکارایی کاذب.

۱- مقدمه

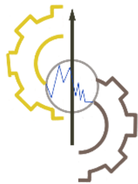
تحلیل پوششی داده‌ها[1] روش غیر پارامتری است که کارایی نسبی واحدهای متجانس با چند ورودی و چند خروجی را در مقایسه با یکدیگر ارزیابی می‌کند. در این روش نیازی به شناخت شکل تابع تولید نبوده و محدودیتی در تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها نمی‌باشد. نخستین بار

[1] Data Envelopment Analysis (DEA)

* نویسنده مسئول

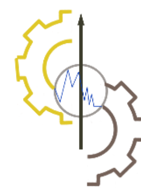
 mmaghbouli@gmail.com

 http://dorl.net/dor/20.1001.1.27831345.1402.4.1.3.3



فارل [1] در سال ۱۹۵۷، به تعیین کارایی به روش غیر پارامتری پرداخت. چارنز و همکاران [2] به تعمیم کار فارل پرداختند و نتیجه کار آن‌ها به‌عنوان مدل *CCR*[1]، در سال ۱۹۷۸ انتشار یافت. بنکر و همکاران [3] با معرفی مدل *BCC*[2] در حقیقت، کار چارنز و همکاران [2] را توسعه بخشیدند. هر چه مدل‌های استاندارد و معرفی‌شده *DEA* از انعطاف‌پذیری زیادی برخوردارند؛ اما بیشتر مطالعات *DEA* با داده‌های مقطعی و اندازه‌گیری کارایی نسبی در یک دوره، سروکار داشتند؛ اما سوال اساسی زمانی است که چند دوره زمانی برای ارزیابی کارایی نسبی واحدها موردتوجه قرار بگیرد. یکی از روش‌های ۵۴۲۱ پیشنهادی، روش *DEA* پویا یا دینامیک است که برای اولین بار توسط فار و گروسکف [4] معرفی شد. کایو [5] برای مطالعه سیستم‌های با ساختار سری از مدل‌های پویا استفاده کردند. تون و تسوتسوی [6]نیز از دیگر توسعه‌دهندگان این روش در مطالعه ساختارهای شبکه بودند. ماریز و همکاران [7] مروری بر مدل‌های پویا و کاربرد آن‌ها در مطالعات مختلف داشتند. نکته مشترک در مطالعات *DEA* پویا این بود که برای محاسبه کارایی کل، کل ورودی‌های مصرفی و کل خروجی‌های تولیدشده در همه دوره‌ها برای اندازه‌گیری کارایی در نظر گرفته می‌شود. کارایی کل محاسبه‌شده با استفاده از داده‌های استفاده‌شده در کل دوره، تنها کارایی کل واحد تحت ارزیابی[3] را به دست می‌دهد و کارایی دوره‌ای دوره‌های اختصاصی نامعلوم باقی می ماند. به بیان ساده‌تر، یک واحد می‌تواند کارای کلی باشد اما الزاما در تمام دوره‌ها کارا نباشد. در واقع احتمال دارد که *DMU* در یک دوره ناکارا باشد، درحالی‌که کارای کلی است؛ بنابراین اگر کارایی دوره خاصی موردنظر است، محاسبه جداگانه آن نیز اهمیت پیدا می‌کند. بااین‌حال کارایی‌هایی که به‌این‌ترتیب محاسبه می‌شوند در دوره‌های مختلف قابل‌مقایسه نیستند. برای مثال، کشور تایوان با وسعتی کمتر از ۳۶۰۰ کیلومترمربع، با رشد سریع اقتصادی که از سال ۱۹۹۰ آغاز شده ، یکی از چهار غول برتر اقتصادی آسیا نام گرفته است. بررسی عملکرد بانک‌های تجاری این کشور در طول دوره سه ساله که از سال ۲۰۰۹ تا سال ۲۰۱۱ صورت گرفته است، افزایش و کاهش در میزان کارایی بانک‌ها را در هر سال نشان می‌دهد و این در حالی است که محاسبه کارایی سالیانه تصویر کلی از عملکرد این بانک‌ها را در طول دوره سه ساله موردبررسی به‌درستی منعکس نمی‌کند. چه‌بسا در طول دوره سه ساله، واحدی کارا قلمداد گردد اما الزاما در یک سال کارا ارزیابی نگردد. برای دخیل کردن کارایی دوره‌ای در محاسبه کارایی چند دوره‌ای، روش تحلیل پوششی داده‌های چند دوره‌ای (*Multi Period DEA*) توسط کایو و لی [8] ارایه شد. مدل پیشنهادی، کارایی کل و کارایی دوره‌ای را هم‌زمان محاسبه می‌کند. مطالعات موردی بر روی ۲۲ بانک تجاری در تایوان دال بر قوت تمایز مدل پیشنهادی در مقایسه با مدل‌های دینامیک یا پویا می‌باشد. جابلونسکی و همکاران [9] مدل تحلیل پوششی داده‌های چند دوره‌ای و مساله تخصیص منابع را پیشنهاد دادند. در مطالعه موردی انجام‌شده دانشکده‌های اقتصاد جمهوری چک در طی دوره ۷ ساله از ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۴ مورد ارزیابی قرار گرفتند که در آن ورودی دوره *tth* بر اساس امتیاز کارایی و ابرکارایی دوره قبلی معین می‌شود. بانسال و مهرا [10] نیز مدل تحلیل پوششی داده‌های چند دوره‌ای را با داده‌های نامنفی و نامطلوب توسعه دادند. ازجمله تحقیقات اخیر در زمینه تحلیل پوششی داده‌های چند دوره‌ای می‌توان به مقالات توانا و همکاران [11] و ژو و همکاران [12] اشاره نمود. توانا و همکاران [11] مدل چند هدفه فازی را بر اساس اصول موضوعه تحلیل پوششی داده‌های چند دوره‌ای پیشنهاد کرده و از این مدل برای ارزیابی کارایی پالایشگاه‌های نفت بهره بردند. ژو و همکاران [12] نیز ارزیابی کارایی سیستم‌های چند دوره‌ای را بر اساس مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای موردبررسی قرار دادند. نقطه قوت این کار در نظر گرفتن فیدبک‌ها در سیستم‌های چند دوره‌ای می‌باشد. الگوریتم پیشنهادی در این مقاله جهت ارزیابی داده‌های واقعی با دوره زمانی پنج ساله مورداستفاده قرار گرفت. اولین بار مدل تحلیل پوششی داده مبتنی بر تحلیل کسری یا همان *DEA-R* توسط دسپیک و همکاران [13] پیشنهاد شد. آن‌ها با معرفی مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها بر اساس تحلیل کسری رابطه بین میانگین حسابی، هندسی و وزنی در مقدار کارایی را به دست آوردند. ووی و همکاران [14]، [15] با استفاده از مدل‌های *DEA-R 21* مرکز درمانی را در تایوان مورد ارزیابی قرار داده و مفهوم ناکارایی کاذب را معرفی نمودند. مظفری و همکاران [16]، [17] بحث کارایی درآمد و هزینه را در مدل‌های *DEA* و *DEA-R* را درحالی‌که داده‌های نسبی در دسترس باشند موردمطالعه قرار دادند. هدف اصلی این مقاله مطالعه ارزیابی کارایی نسبی در سیستم‌های چند دوره‌ای با استفاده از مدل‌های *DEA-R* می‌باشد. گرامی و همکاران [18] روشی مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌های چند معیاره برای ارزیابی کارایی سیستم‌های دومرحله‌ای در حضور داده‌های نسبی پیشنهاد کردند. روش پیشنهادی برای ارزیابی کارایی ۶۰ بانک در ایران مورداستفاده قرار گرفته است. همچنین، مظفری و همکاران [19] روشی مبتنی بر برنامه‌ریزی چند هدفه برای حل مسایل *DEA-R* پیشنهاد دادند و با استفاده از الگوریتم موجود قادر به تخمین مرز کارا در حضور داده‌های نسبی شدند. نقطه تمایز این مقاله، تعیین و تشخیص ناکارایی کاذب در سیستم‌های چند دوره‌ای است. سیستم‌های موردنظر در این ساختار، دارای چند دوره زمانی مجزا هستند. درنتیجه این مساله پیش می‌آید که آیا در چنین ساختارهایی لزوما تمام ورودی‌ها در تولید خروجی‌ها نقش دارند یا نه؟ پاسخ به این سوال به‌وضوح منفی است؛ زیرا ممکن

[1] Charnes, Cooper and Rhodes (CCR)
[2] Banker, Charnes and Cooper (BCC)
[3] Decision Making Unit (DMU)



است برخی از ورودی‌ها در تولید خروجی‌ها نقش نداشته باشد و ازاین‌رو مساله سنجش کارایی با مفهوم ناکارایی کاذب مواجه می‌شویم. به این معنا که واحدی در کل دوره زمانی موردنظر کارا ارزیابی گردد اما در هر تک دوره زمانی که به‌صورت مجزا موردبررسی قرار می‌گیرد کارا نباشد. در این صورت با مفهومی به نام ناکارایی کاذب مواجه خواهیم شد. در مقالاتی که تاکنون در این زمینه موردبررسی قرار گرفته اند مساله ناکارایی کاذب زیر ذره‌بین قرار نگرفته است. برای بررسی مفهوم ناکارایی کاذب، از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های نسبی یا همان *DEA-R* استفاده خواهیم کرد. دلیل استفاده از این مدل‌ها، انعطاف‌پذیری آن‌ها و نیز استفاده از نسبت‌های ورودی و خروجی به‌جای شاخص‌های ورودی و خروجی می‌باشد؛ زیرا نسبت‌ها یکی از ابزارهای مهم در ارتباط با عملیات و وضعیت مالی یک واحد تحت ارزیابی می‌باشد و قاعده محاسبه نسبت‌ها در بررسی عمده صورت‌های مالی و تعیین نقاط ضعف و قوت واحدهای تصمیم‌گیرنده اهمیت پیدا می کند. در سیستم‌های چند دوره‌ای با چند دوره زمانی مجزا این نسبت‌ها بیشتر مفهوم می‌گردد که با نسبت‌های هر دوره زمانی مجزا، مقایسه شوند. ازاین‌رو، در این مقاله با استفاده از مدل‌های *DEA-R* پیشنهادی ابتدا به ارزیابی کارایی کلی و کارایی دوره‌ای در سیستم‌های چند دوره‌ای پرداخته و سپس ناکارایی کاذب با استفاده از مدل پیشنهادی مشخص می‌گردد. جهت تاکید بر نقطه قوت مدل پیشنهادی، مدل موردنظر بر روی داده‌های ۲۲ بانک تجاری تایوان پیاده‌سازی شده و با مدل‌های موجود مقایسه می‌شود. مقاله به‌صورت زیر سازمان‌دهی می‌شود: در بخش ۲ مفاهیم اولیه ارایه، سپس در بخش ۳، مدل پیشنهادی بر اساس ساختار مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های نسبی ارایه می‌شود و درنهایت مثال عددی و مطالعه کاربردی در بخش ۴ ارایه می‌گردد.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

مدل‌های DEA-R

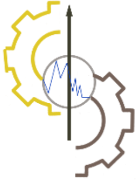
فرض کنید X_{ij} و Y_{rj} به ترتیب *ith* ورودی $(i=1,...,m)$ و *rth* خروجی $(r=1,...,s)$، $DMU_j \ \ j=1,...,n$ باشند با فرض مثبت بودن داده‌های ورودی و خروجی و در دسترس بودن نسبت‌های $\frac{x_{ij}}{x_{ip}}$ و $\frac{y_{rj}}{y_{rp}}$، برای ارزیابی کارایی DMU_p، بر اساس مدل‌های استاندارد تحلیل پوششی داده‌ها، دسپیک و همکاران [13] مدل *DEA-R* را برای ارزیابی کارایی DMU_p با فرض بازده به مقیاس ثابت به‌صورت زیر پیشنهاد دادند:

$$\begin{aligned}
&\hat{e}_p = \underset{w_{ir}}{Max}\ \underset{j}{Min}\ w_{ir}\frac{\sum_{i=1}^{m}\frac{x_{ij}}{x_{ip}}}{\sum_{r=1}^{s}\frac{y_{rj}}{y_{rp}}},\\
&s.t.\\
&\sum_{i=1}^{m}\sum_{r=1}^{s} w_{ir}=1,\\
&w_{ir}\geq 0 \ \ for\ all\ i=1,...,m,\ \ r=1,...,s.
\end{aligned} \tag{1}$$

همچنین دسپیک و همکاران [13] مدل هارمونیک *DEA-R* را برای ارزیابی کارایی DMU_p با فرض بازده به مقیاس ثابت به‌صورت **مدل (۳)** پیشنهاد دادند:

$$\begin{aligned}
&\bar{e}_p = \underset{(u,v)}{Max}\ \underset{j}{Min}(\sum_{i=1}^{m} v_i\frac{x_{ij}}{x_{ip}})(\sum_{r=1}^{s} u_r\frac{y_{rj}}{y_{rp}}),\\
&s.t.\\
&\sum_{r=1}^{s} u_r=1,\ \ \sum_{i=1}^{m} v_i=1,\\
&u_r, v_i\geq 0 \ for\ all\ i=1,...,m,\ \ r=1,...,s.
\end{aligned} \tag{2}$$

علاوه بر دو مدل موجود برای ارزیابی کارایی در حضور داده‌های نسبی، مدل زیر نیز برای ارزیابی پیشنهاد شده است [20]:



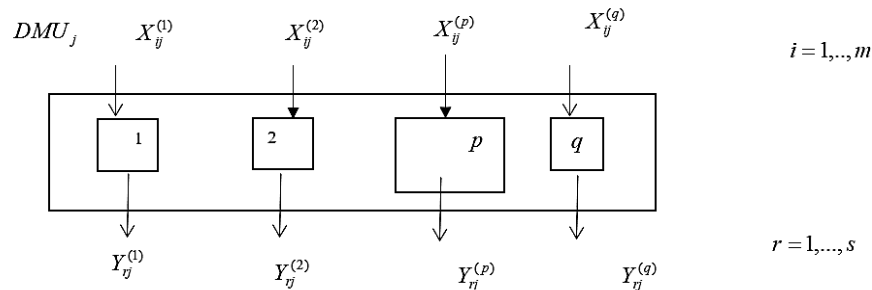
$$e_p = \underset{(u,v)}{Max}\ \underset{j}{Min} \frac{\sum_{i=1}^{m} v_i \frac{x_{ij}}{x_{ip}}}{\sum_{r=1}^{s} u_r \frac{y_{rj}}{y_{rp}}},$$
$$s.t.$$
$$\sum_{r=1}^{s} u_r = 1\ ,\ \sum_{i=1}^{m} v_i = 1,$$
$$u_r, v_i \geq 0\ for\ all\ i = 1,...,m,\ r = 1,...,s. \quad (۳)$$

مدل فوق، با فرض مثبت بودن داده‌های ورودی و خروجی و در دست بودن نسبت‌های $\frac{x_{ij}}{x_{ip}}$ و $\frac{y_{rj}}{y_{rp}}$ پیشنهاد شده است. ازآن‌جایی‌که هر سه مدل برای ارزیابی کارایی در حضور داده‌های نسبی به کار می‌رود، رابطه بین این سه مدل مورد سوال است. وی و همکاران [14] رابطه بین این سه مدل را به‌صورت زیر ثابت کرده‌اند:

$$e_p < \bar{e}_p < \hat{e}_p.$$

کارایی چند دوره‌ای

مجددا فرض کنید X_{ij} و Y_{rj} به ترتیب ith ورودی $(i = 1,...,m)$ و rth خروجی $(r = 1,...,s)$، $DMU_j (j = 1,...,n)$ باشند و سیستم نیز متشکل از q دوره باشد که دوره‌ی $p\ (p = 1,...,q)$ ورودی نظیر $X_{ij}^{(p)} (i = 1,...,m, j = 1,...,n)$ را برای تولید خروجی $Y_{rj}^{(p)} (r = 1,...,s, j = 1,...,n)$ مصرف می‌کند. سیستم چند دوره‌ای متشکل از q دوره در **شکل ۱** نشان داده شده است.

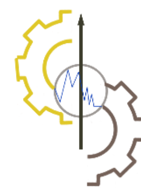


شکل ۱ - سیستم چند دوره‌ای.

Figure 1- Multi-period system.

مقادیر نهایی ورودی ith و خروجی rth برای تمام این q دوره برای DMU_j به ترتیب عبارت است از: $X_{ij} = \sum_{p=1}^{q} X_{ij}^{(p)}$ و $Y_{rj} = \sum_{p=1}^{q} Y_{rj}^{(p)}$. برای ارزیابی کارایی سیستم‌های چند دوره‌ای که در **شکل ۱** به آن اشاره شد، روش‌های متعددی پیشنهاد شده است. یکی از روش‌های پیشنهادی مربوط به کایو و لیو [8] می‌باشد. در این مقاله برای ارزیابی هم‌زمان کارایی کلی و کارایی مختص هر دوره (کارایی دوره‌ای) در سیستم چند دوره‌ای متشکل از q دوره به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$E = max \sum_{r=1}^{s} u_r Y_{rk},$$
$$s.t.$$
$$\sum_{i=1}^{m} v_i X_{ik} = 1,$$
$$\sum_{r=1}^{s} u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i X_{ij} \leq 0, j = 1,...,n, \quad (۴)$$
$$\sum_{r=1}^{s} u_r Y_{rj}^{(p)} - \sum_{i=1}^{m} v_i X_{ij}^{(p)} \leq 0, j = 1,...,n, p = 1,...,q,$$
$$u_r, v_i \geq \varepsilon, r = 1,...,s, i = 1,...,m.$$



مدل (٤) دارای دو ویژگی مهم است. اولین ویژگی این مدل یکسان بودن ضرایب مربوط به فاکتورهای ورودی و خروجی صرف‌نظر از دوره متناظر می‌باشد؛ به‌عبارت‌دیگر در $X_{ij}^{(p)}$ و $Y_{rj}^{(p)}$، دوره‌های مختلف p، $(p=1,2,...,q)$ ضرایب یکسان v_i و u_r را دارند. ویژگی دوم این است که در محاسبه کارایی کل سیستم، نه‌تنها باید ورودی‌ها و خروجی‌ها را در نظر گرفت، بلکه باید دوره‌های متناظر آن‌ها را هم مدنظر داشت.

ازآن‌جایی‌که مجموع محدودیت‌های متناظر q دوره برای یک DMU $\sum_{r=1}^{s}u_rY_{rj}^{(p)}-\sum_{i=1}^{m}v_iX_{ij}^{(p)}\le 0,(p=1,...,q)$، معادل با محدودیت نظیر کل سیستم برای هر DMU است؛ یعنی همان محدودیت $\sum_{r=1}^{s}u_rY_{rj}-\sum_{i=1}^{m}v_iX_{ij}\le 0$؛ بنابراین محدودیت سوم در این مدل زاید می‌باشد؛ بنابراین بعد از محاسبه جواب‌های بهین u_r^*,v_i^* کارایی کل و کارایی دوره‌ای متناظر هر دوره برای DMU به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$E_{Overall}=\frac{\sum_{r=1}^{s}u_r^*Y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m}v_i^*X_{ij}}=\sum_{r=1}^{s}u_r^*Y_{rj}\,,\quad E^{(p)}=\frac{\sum_{r=1}^{s}u_r^*Y_{rk}^{(p)}}{\sum_{i=1}^{m}v_i^*X_{ik}^{(p)}}.$$

همچنین می‌توان کارایی کل را به‌عنوان میانگین وزن‌دار شده کارایی هر دوره محاسبه کرد که در آن وزن مربوط به هر دوره به‌صورت $w^{(p)}=\frac{\sum_{i=1}^{m}v_i^*X_{ik}^{(p)}}{\sum_{i=1}^{m}v_i^*X_{ik}}$ به‌طور جداگانه محاسبه می‌شود. سپس برای به دست آوردن کارایی کلی در حالت چند دوره‌ای، وزن هر دوره را به کارایی دوره مربوطه ضرب کرده و سپس کلیه دوره‌ها جمع می‌شود، حاصل جمع را کارایی کلی می‌نامند. به‌عبارت‌دیگر:

$$E_{overall}=\sum_{p=1}^{q}w^{(p)}E^{(p)}=\sum_{p=1}^{q}\frac{\sum_{i=1}^{m}v_i^*X_{ik}^{(p)}}{\sum_{i=1}^{m}v_i^*X_{ik}}\times\frac{\sum_{r=1}^{s}u_r^*Y^{(p)}{}_{rk}}{\sum_{i=1}^{m}v_i^*X^{(p)}{}_{ik}}=$$

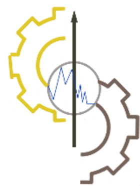
$$\sum_{p=1}^{q}\frac{\sum_{r=1}^{s}u_r^*Y_{rk}^{(p)}}{\sum_{i=1}^{m}v_i^*X_{ik}}=\frac{\sum_{r=1}^{s}u_i^*Y_{rk}}{\sum_{i=1}^{m}v_i^*X_{ik}}=E_{overall}.$$

وزن‌های انتخاب‌شده توسط هر واحد بهترین وزن انتخاب شده برای محاسبه کارایی کل است، لذا برای تمام $DMUs$ یکسان نیست؛ یعنی **مدل (۴)** نه‌تنها کارایی کل و کارایی دوره‌ای را در یک سیستم چند دوره‌ای به‌صورت هم‌زمان محاسبه می‌کند بلکه قادر به ایجاد رابطه ریاضی بین این دو کمیت است.

۳- روش پژوهش

مجددا فرض کنید X_{ij} و Y_{rj} به ترتیب ith ورودی $(i=1,...,m)$ و rth خروجی $(r=1,...,s)$، $DMU_j(j=1,...,n)$ باشند و سیستم نیز متشکل از q دوره باشد که هر دوره ورودی نظیر $X_{ij}^{(p)}$ را برای تولید خروجی $Y_{rj}^{(p)}$ مصرف می‌کند. دوباره **شکل ۱** را در نظر بگیرید. برای ارزیابی هم‌زمان کارایی کلی و کارایی مختص هر دوره (کارایی دوره‌ای) در سیستم چند دوره‌ای متشکل از q، **مدل (٤)** توسط کایو و لیو [8] پیشنهاد گردید. همان‌طور که از **مدل (٤)** برمی‌آید، دو قید اول و دوم مجموع تمام ورودی‌ها و خروجی‌های هر دوره با ضریب مربوط به هر دوره در مدل گنجانده شده است. سوالی که در برآورد کارایی سیستم‌های چند دوره‌ای با چند دوره زمانی مجزا پیش می‌آید مفهوم ناکارایی کاذب است. به این معنی که امکان دارد واحدی در تمام دوره‌ها کارا باشد، اما در کل طول بازه زمانی مورد ارزیابی کارا نباشد. یکی از دلایل ایجاد این ناکارایی، عدم استفاده از تمام ورودی‌ها برای تولید خروجی است؛ به‌عبارت‌دیگر ممکن است سهم ورودی در تولید خروجی صفر منظور گردد؛ بنابراین به دنبال پاسخ این سوال هستیم که آیا تمام ورودی‌ها در محاسبه تمام خروجی‌ها دخالت دارد یا نه؟ برای رسیدن به پاسخ این پرسش، از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های نسبی استفاده می‌کنیم. علت استفاده از این مدل‌ها در انعطاف‌پذیری آن‌ها است. علاوه‌براین، استفاده از نسبت‌ها یکی از روش‌های معمول و پذیرفته‌شده در اندازه‌گیری کارایی می‌باشد. در روش نسبی اقلام مربوط به هم در اطلاعات عددی مدیریت محاسبه و تحلیل می‌شود. نسبت‌ها در زمینه‌های مختلف مالی، اقتصادی و صنعتی مورداستفاده قرار می‌گیرد. به همین دلیل در این روش نیز از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های نسبی استفاده می‌شود. با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های $DAE\text{-}R$، الگوریتمی سه مرحله‌ای برای تعیین ناکارایی کاذب پیشنهاد می‌شود. برای پاسخ به این سوال، از مدل‌های

ترکاوان نژاد و همکاران/ مدیریت نوآوری و راهبردهای عملیاتی، دوره ۴، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، صفحه: ۳۷-۲۸



DAE-R استفاده می‌شود و سپس الگوریتمی سه مرحله‌ای پیشنهاد می‌گردد. بدون خلل به کلیت استدلال، سیستم چندمرحله‌ای با q دوره زمانی مجزا از هم را در نظر می‌گیریم. سه گام پیشنهادی در این الگوریتم به شرح زیر است:

در گام اول ابتدا با استفاده از مدل‌های *DEA-R* کارایی هر دوره به‌صورت مجزا محاسبه می‌شود. برای این منظور مبتنی بر ساختار مدل‌های *DEA-R* که در بخش‌های قبلی به آن اشاره شده است از **مدل (۵)** برای ارزیابی کارایی دوره‌ای هر دوره استفاده می‌شود.

$$\begin{aligned}
&\theta_p = \underset{(u,v)}{Max}\ \underset{j,p}{Min}\Big(\sum_{i=1}^{m} v_i \frac{X^{(p)}{}_{ij}}{X^{(p)}{}_{ip}}\Big)\Big(\sum_{r=1}^{s} u_r \frac{Y^{(p)}{}_{rj}}{Y^{(p)}{}_{rp}}\Big),\\
&s.t.\\
&\sum_{r=1}^{s} u_r = 1\ ,\ \sum_{i=1}^{m} v_i = 1,\\
&u_r, v_i \geq \varepsilon \ for\ all\ i = 1,\dots,m,\ \ r = 1,\dots,s.
\end{aligned} \qquad (۵)$$

یکی از ویژگی‌های این مدل یکسان بودن ضرایب مربوط به فاکتورهای ورودی و خروجی صرف‌نظر از دوره متناظر می‌باشد و ε کمیت بی‌نهایت کوچک غیر ارشمیدسی است. بعد از محاسبه کارایی تمام دوره‌ها، میانگین کارایی دوره‌ها را محاسبه می‌کنیم. در گام دوم با استناد به نظر کایو و لیو [8] با در نظر گرفتن مجموع ورودی تمام دوره‌ها به‌عنوان ورودی کل یا $X_{ij} = \sum_{p=1}^{q} X_{ij}^{(p)}$ و مجموع خروجی تمام دوره‌ها به‌عنوان خروجی کل یا $Y_{rj} = \sum_{p=1}^{q} Y_{rj}^{(p)}$، کارایی سیستم به‌عنوان یک سیستم جعبه‌سیاه با مدل *DEA-R* زیر سنجیده می‌شود:

$$\begin{aligned}
&\theta_p = \underset{(u,v)}{Max}\ \underset{j,p}{Min}\Big(\sum_{i=1}^{m} v'_i \frac{X_{ij}}{X_{ip}}\Big)\Big(\sum_{r=1}^{s} u'_r \frac{Y_{rj}}{Y_{rp}}\Big),\\
&s.t.\\
&\sum_{r=1}^{s} u'_r = 1\ ,\ \sum_{i=1}^{m} v'_i = 1,\\
&u_r, v_i \geq \varepsilon \ for\ all\ i = 1,\dots,m,\ \ r = 1,\dots,s.
\end{aligned} \qquad (۶)$$

البته شایان‌ذکر است که وزن‌های به‌کاررفته در **مدل (٦)** متفاوت از وزن‌های استفاده‌شده در **مدل (۵)** است. **مدل (٦)** درواقع کارایی کل سیستم را به‌عنوان یک جعبه سیاه می‌سنجد و اصلا روابط درون سیستم را در نظر نمی‌گیرد. گام سوم، در حقیقت تعیین ناکارایی کاذب سیستم می‌باشد که با استفاده از یک نسبت محاسبه می‌گردد. این نسبت به‌صورت خارج‌قسمت کارایی درون سیستم (میانگین کارایی‌های دوره‌ای) به کارایی کل سیستم که در مرحله دوم سنجیده شده است، محاسبه می‌شود. اگر نسبت برابر با یک باشد، به این معنی است که میانگین کارایی هر دوره و کارایی کل هر دو با هم برابر است و لذا نسبت آن‌ها نیز یک است. درصورتی‌که این نسبت از یک بزرگ‌تر باشد به این معنی است که ناکارایی کاذب داریم یعنی اختلاف بین دو کارایی موردمحاسبه بیشتر است. درصورتی‌که این نسبت از یک کمتر باشد ناکارایی کاذب نداریم، یعنی این دو برآورد به هم نزدیک هستند و می‌توان گفت ناکارایی کاذب موجود نیست؛ اما اگر این نسبت از یک بزرگ‌تر باشد، در این صورت اختلاف بین دو کارایی محاسبه بیشتر خواهد بود و این دلالت بر وجود ناکارایی کاذب دارد.

۴- یافته‌های پژوهش

جهت تشریح مدل پیشنهادی، داده‌های به‌کاررفته در مقاله کایو و لیو [8] جهت ارزیابی ۲۲ بانک تجاری در تایوان در سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱ مورداستفاده قرار گرفته است. **جدول ۱** میانگین سه ساله داده‌های ورودی و خروجی را نشان می‌دهد.

جدول ۱- میانگین سه ساله داده‌های ورودی و خروجی‌ها.

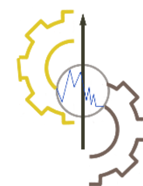
Table 1- The Average of inputs/outputs in three years.

DMU	Labour	Physical Capital	Purchaned Funds	Demand Deports	S-term Loans	M-terms Loarn
Chang Hwa	8.30	23.84	948.30	290.20	302.25	756.25
Kings Town	0.88	2.91	116.98	18.33	24.85	70.88
Taichung	1.80	3.38	238.69	65.53	77.47	169.20
Taiwan Business	6.73	14.15	754.38	241.95	256.18	669.49
Kaohsiung	1.23	2.24	144.33	20.01	66.64	88.50
Cosmos	2.00	6.25	95.74	12.26	34.19	38.44

جدول ۱- ادامه.

Table 1- Continued.

DMU	Labour	Physical Capital	Purchaned Funds	Demand Deports	S-term Loans	M-terms Loarn
Union	2.46	8.13	251.11	41.76	40.90	140.29
Far Eastern	2.69	2.69	294.05	30.58	59.90	182.35
Ta Chong	3.66	4.30	254.56	47.94	65.28	191.43
En Tie	1.72	2.12	202.39	22.49	40.60	153.44
Hua Nan	9.49	25.68	1113.28	447.03	404.53	805.32
Fubon	6.57	11.51	913.13	224.18	220.77	657.54
Cathay	7.67	25.61	1135.10	224.48	228.03	682.71
East Sun	4.33	14.55	400.38	190.59	120.09	482.30
Yuanta	2.58	2.61	320.56	52.41	59.34	237.40
Mega	10.64	14.61	1070.72	462.10	391.09	958.96
Taishin	7.15	22.27	574.74	124.71	121.81	419.29
Shin Kong	2.91	6.20	353.67	68.37	68.84	257.27
Sino Pac	6.74	9.23	725.91	156.80	153.29	559.04
China Trust	16.40	33.61	855.35	119.02	260.26	733.77
First	9.73	23.75	1178.52	396.36	188.29	844.43
Taiwan Cooperaive	12.92	34.31	1708.72	367.29	176.79	1459.07



با استناد به مقاله کایو و لیو [8] داده‌های ورودی عبارت‌اند از: نیروی انسانی (*Labor*)، سرمایه مادی (*Physical capital*)، سهام‌های خریداری‌شده (*Purchased commercial*) و سپرده‌های موردنیاز (*Demand deposits*)، وام‌های کوتاه‌مدت (*Short–term loans*) و وام های میان‌مدت و کوتاه‌مدت (*Medium-and long term loans*) را به‌عنوان سه فاکتور خروجی در نظر گرفته شده است. با اجرای مدل پیشنهادی، کارایی کل و میانگین کارایی هر دوره برای این ۲۲ واحد محاسبه‌شده و نتیجه در **جدول ۲** گزارش شده است.

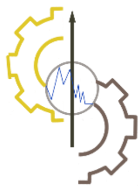
جدول ۲- نتایج حاصل از اجرای روش پیشنهادی.

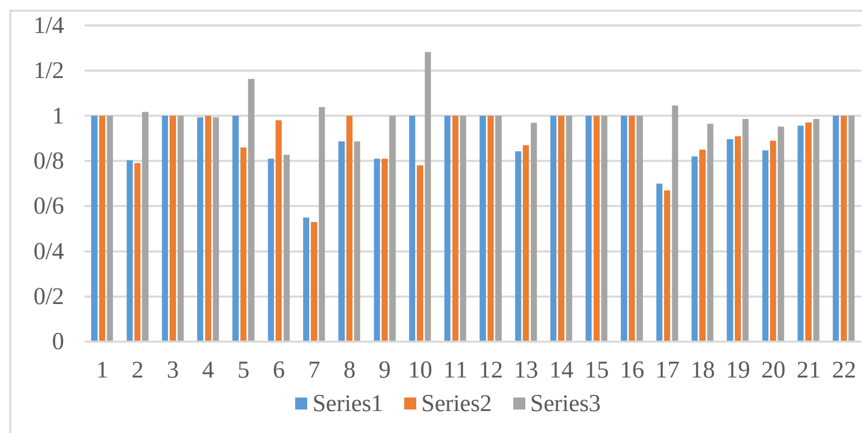
Table 2- The results of the implementation of the proposed method.

DMU	2009	2010	2011	Average	Overall	Ratio	Pseudo Inefficiency
1	1	1	1	1	1	1	NO
2	0.73	0.89	0.79	0.80	0.79	1.02	YES
3	1	1	1	1	1	1	NO
4	1	1	0.98	0.99	1	0.99	NO
5	1	1	1	1	0.86	1.16	YES
6	0.82	0.85	0.76	0.81	0.98	0.83	NO
7	0.49	0.61	0.55	0.55	0.53	1.04	YES
8	1	0.86	0.80	0.88	1	0.89	NO
9	0.72	0.84	0.87	0.81	0.81	1	NO
10	1	1	1	1	0.78	1.28	YES
11	1	1	1	1	1	1	NO
12	1	1	1	1	1	1	NO
13	0.84	0.84	0.85	0.84	0.87	0.97	NO
14	1	1	1	1	1	1	NO
15	1	1	1	1	1	1	NO
16	1	1	1	1	1	1	NO
17	0.54	0.76	0.80	0.7	0.67	1.05	YES
18	0.83	0.81	0.82	0.82	0.85	0.97	NO
19	0.92	0.92	0.85	0.89	0.91	0.99	NO
20	0.69	0.94	0.91	0.84	0.89	0.95	NO
21	0.92	0.96	0.99	0.95	0.97	0.99	NO
22	1	1	1	1	1	1	NO
AVE	0.88	0.92	0.91	0.875	0.90	--------	--------
VAR	0.02	0.01	0.01	0.007	0.02	----------	----------
C.V.	18.%	11.31%	13.16%	13.46%	14.1%		

ستون دوم تا چهارم در **جدول ۲**، اعداد حاصل از کارایی دوره‌ای هر دوره مستقل از دوره‌های دیگر است که با استفاده از **مدل (۵)**، *DEA-R* محاسبه شده است. ستون پنجم میانگین این کارایی‌ها را به‌عنوان صورت کسر موردنظر در نظر می‌گیرد. کارایی کلی نیز با محاسبه مجموع تمام ورودی‌های هر دوره به‌عنوان ورودی نهایی و خروجی‌های هر دوره به‌عنوان خروجی کل با استفاده از **مدل (۶)** محاسبه شده است. در ستون هفتم، نسبت دو کارایی محاسبه‌شده در نظر گرفته شده است. هرچقدر این نسبت به عدد یک نزدیک باشد، این دو برآورد به هم نزدیک هستند و هرچقدر این نسبت از یک بزرگ‌تر باشد در این صورت، این دو برآورد فاصله زیادی از هم دارند و ناکارایی کاذب وجود دارد. بنا به این برآورد، واحدهای ۲، ۵، ۷، ۱۰ و ۱۷ ناکارایی کاذب دارند؛ زیرا نسبت حاصل عددی بزرگ‌تر از یک است. برای تحلیل ناکارایی کاذب، کارایی کل، میانگین کارایی سه دوره و نسبت حاصل این دو کمیت عددی در **شکل ۲** مقایسه شده‌اند.

ترکاوان نژاد و همکاران/ مدیریت نوآوری و راهبردهای عملیاتی، دوره ۴، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، صفحه: ۳۷-۲۸





شکل ۲- ناکارایی کاذب.

Figure 2- Pseduo inefficiency.

در این شکل، خطوط آبی‌رنگ، میانگین کارایی سه دوره، خطوط نارنجی، کارایی کل و خطوط خاکستری، نسبت این دو کمیت را نمایش می‌دهد. واحدهای دو، پنج، هفت، ده و هفده همان‌طور که معلوم است ناکارایی کاذب دارند و این نتیجه از روی شکل نیز کاملا مشخص است. **مدل (٤)** نیز بر روی داده‌های **جدول ۱** پیاده‌سازی‌شده و نتایج آن در **جدول ۳** نمایش داده شده است. ستون آخر جدول، کارایی کل حاصل از روش پیشنهادی است.

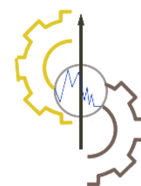
جدول ۳- نتایج حاصل از اجرای مدل (۴).

Table 3- The results of model (4).

DMU	2009	2010	2011	Overall Model (4)	Overall
1	0.91	0.86	0.92	0.90	1
2	0.70	0.77	0.76	0.75	0.79
3	0.96	0.95	1	0.97	1
4	1	0.95	0.95	0.97	1
5	0.91	1	1	0.97	0.86
6	0.74	0.80	0.68	0.74	0.98
7	0.47	0.53	0.51	0.51	0.53
8	0.77	0.71	0.80	0.76	1
9	0.62	0.72	0.83	0.72	0.81
10	0.92	0.91	0.87	0.90	0.78
11	0.93	1	1	0.98	1
12	0.95	0.95	1	0.97	1
13	0.80	0.81	0.83	0.82	0.87
14	1	0.99	0.97	0.99	1
15	0.91	0.93	1	0.95	1
16	0.97	0.94	1	0.97	1
17	0.53	0.53	0.53	0.53	0.67
18	0.80	0.82	0.82	0.81	0.85
19	0.85	0.84	0.83	0.84	0.91
20	0.60	0.63	0.65	0.63	0.89
21	0.87	0.97	0.95	0.93	0.97
22	0.98	0.97	1	0.98	1
AVE	0.83	0.84	0.86	0.845	0.905
VAR	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
C.V.	19%	17.2%	17.9%	17.6%	14.1%

با مقایسه دو ستون آخر در **جدول ۳**، اختلاف زیادی بین اعداد کارایی محاسبه‌شده در دو مدل وجود ندارد. هرچند میانگین کارایی کل محاسبه‌شده در مدل پیشنهادی، اندکی بیشتر از **مدل (۴)** است؛ اما واریانس کارایی محاسبه‌شده برای کارایی کل به‌دست‌آمده با هر دو مدل یکسان است. همچنین از **جدول ۳** چنین برمی‌آید که واریانس کارایی‌های دوره‌ای در **مدل (۴)** با واریانس کارایی کل برابر است. بررسی ضریب تغییرات در سه دوره و همچنین در کارایی کل محاسبه‌شده با **مدل (۴)** و مدل پیشنهادی، در سطر آخر **جدول ۳** دلالت بر این دارد که پراکندگی کارایی کل در مدل پیشنهادی از **مدل (۴)** کمتر است؛ و این به دلیل ساختار **مدل (۴)** است که صرفا تکیه بر برآورد همزمان کارایی دوره‌ای و کارایی کلی دارد. مقایسه ضریب تغییرات محاسبه‌شده در سطر آخر **جدول‌های ۲** و **۳** بیانگر این است که پراکندگی کارایی محاسبه‌شده با روش *DEA-R* از پراکندگی کارایی محاسبه‌شده با **مدل (۴)** کمتر است. با استفاده از مفهوم ضریب تغییرات، امکان مقایسه کارایی‌ها در دو **مدل (۴)** و در مدل *DEA-R* فراهم می‌شود. در مدل پیشنهادی با استفاده از مدل‌های *DEA-R* کارایی دوره‌ای و کارایی کلی محاسبه شد و نسبت عددی حاصل از کارایی‌های به‌دست‌آمده به‌عنوان تقریبی برای برآورد ناکارایی کاذب در

سیستم چندمرحله‌ای مورداستفاده قرار گرفت. درروش پیشنهادی بدون محاسبه اوزان که در **مدل (۴)** بیشتر موردتوجه بود، هدف تعیین و تشخیص ناکارایی کاذب بود. خطای معیار در **مدل (۴)** برابر با ۰/۰۳۲۶۲۵۸ و در روش پیشنهادی این عدد برابر ۰/۰۲۷۸۷۹۵ می باشد. برای تایید نتایج، از آزمون‌های آماری نیز استفاده می‌شود. نتایج آزمون یومن-ویتنی نیز نشانگر تفاوت معنی‌دار میانگین کارایی کل در روش پیشنهادی است و نشانگر بالاتر بودن اندازه میانگین کارایی کل در روش *DEA-R* است.

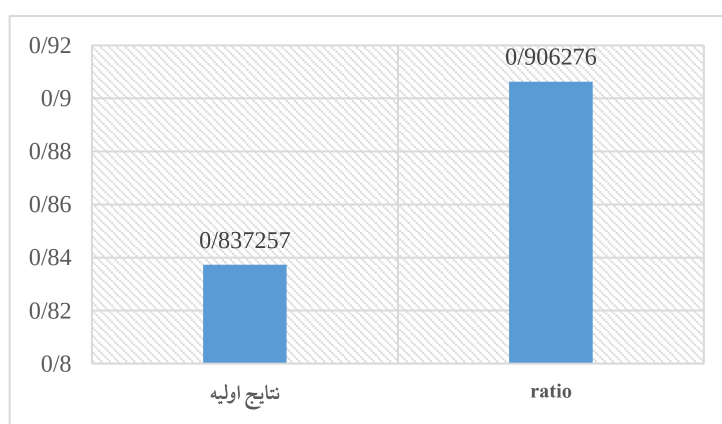


جدول ۴- نتایج آزمون یومن-ویتنی.

Table 4- Mann-Whitney test result.

124.000	**Mann-Whitney U**
355.000	Wilcoxon W
-2.428	Z
.015	Asymp. Sig. (2-tailed)

با انجام آزمون تی تست بر روی نتایج حاصل از این دو روش، نتیجه این آزمون نشانگر این است که میانگین کارایی کل دو روش باهم متفاوت است و میانگین کارایی کل با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های نسبی بیشتر بوده است. **شکل ۳** نیز این مساله را تایید می کند.



شکل ۳- نتایج آزمون تی-تست.

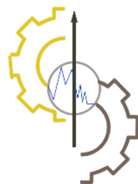
Figure 3- T-test result.

نتایج آماری، نشان می‌دهد استفاده از مدل *DEA-R* در سیستم‌های چندمرحله‌ای و به‌تبع آن تشخیص ناکارایی کاذب بدون استفاده از وزن، می‌تواند روش قابل‌اطمینانی باشد. به‌نحوی‌که اگر نسبت حاصل از دو عدد کارایی کل و میانگین کارایی دوره‌ای، از یک بزرگ‌تر باشد به این معنی است که ناکارایی کاذب داریم یعنی اختلاف بین دو کارایی موردمحاسبه بیشتر است. درصورتی‌که این نسبت از یک کمتر باشد ناکارایی کاذب نداریم، یعنی این دو برآورد به هم نزدیک هستند و می‌توان گفت ناکارایی کاذب موجود نیست.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

سیستم‌های چند دوره‌ای و ارزیابی کارایی آن‌ها در سال‌های اخیر بسیار موردتوجه محققان و علاقه‌مندان بوده است. روش تحلیل پوششی داده‌های پویا و تحلیل پوششی مبتنی بر تحلیل کسری ازجمله تلاش‌هایی برای ارزیابی چنین سیستم‌هایی می‌باشد. یکی از مسایلی که در سیستم‌های چند دوره‌ای با دوره‌های زمانی مستقل از هم مواجه هستیم مساله ناکارایی کاذب است. به این مفهوم که ممکن است واحدی در هر دوره زمانی کارا باشد اما در کل طول دوره کارا نباشد. در این مقاله به‌جای استفاده از وزن‌ها که از هر دوره زمانی به دست می‌آمد، از الگوریتم سه مرحله‌ای با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های کسری استفاده کردیم. علت استفاده از مدل‌های تحلیل کسری انعطاف‌پذیری این مدل‌هاست. مضاف براین‌که استفاده از این مدل‌ها به‌جای استفاده از اطلاعات ورودی و خروجی که ممکن است در دسترس نباشد نسبتی از ورودی‌ها و خروجی‌ها را در مدل وارد می‌کند که به واقعیت نزدیک‌تر است. در گام اول، کارایی دوره‌ای هر دوره را مجزا از دوره‌های دیگر با استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی مبتنی بر داده‌های کسری محاسبه نمودیم و میانگین این کارایی‌ها را در نظر گرفتیم. گام دوم کارایی کل سیستم را به‌صورت یک جعبه سیاه با استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی مبتنی بر داده‌های کسری محاسبه نمودیم. در نهایت با محاسبه نسبت این دو کمیت، به مساله وجود ناکارایی کاذب نزدیک شدیم. اگر نسبت موجود عددی نزدیک به یک باشد، یعنی این دو برآورد به هم نزدیک هستند و ناکارایی کاذب وجود ندارد اما اگر عدد حاصل از یک بزرگ‌تر باشد، ناکارایی کاذب موجود است. برای مقایسه، روش پیشنهادی و روش کایو و لیو [8] بر روی داده‌های واقعی در طول یک دوره زمانی سه ساله اجراشده و با مقایسات آماری،

معین شد که پراکندگی کارایی حاصل از مدل پیشنهادی مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌های کسری از پراکندگی کارایی محاسبه‌شده با مدل موجود کمتر می‌باشد. آزمون‌های آماری نیز دلالت بر قوت روش موجود در قیاس با روش کایو و لیو [8] دارد.



منابع مالی

هیچ‌گونه بودجه یا کمک‌هزینه تحقیق در طی مطالعه مذکور دریافت نشده است.

تعارض با منافع

بدین‌وسیله نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضادی در منافع در مورد انتشار این نسخه وجود ندارد، همه نویسندگان، نسخه نهایی ارسال شده را مشاهده و تایید کرده‌اند. نویسندگان تضمین می‌کنند که مقاله، اثر اصلی آن‌ها بوده، قبلا چاپ نشده و در حال حاضر تحت انتشار نمی‌باشد.

منابع

[1] Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the royal statistical society: series a (general), 120*(3), 253-281.

[2] Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research, 2*(6), 429-444.

[3] Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science, 30*(9), 1078-1092.

[4] Fare, R., & Grosskopf, S. (1996). *Intertemporal production frontiers: with dynamic DEA.* Springer Dordrecht.

[5] Kao, C. (2014). Network data envelopment analysis: a review. *European journal of operational research, 239*(1), 1-16.

[6] Tone, K., & Tsutsui, M. (2014). Dynamic DEA with network structure: a slacks-based measure approach. *Omega, 42*(1), 124-131.

[7] Mariz, F. B. A. R., Almeida, M. R., & Aloise, D. (2017). A review of dynamic data envelopment analysis: state of the art and applications. *International transaction in operation research, 25*(2), 469-505.

[8] Kao, C., & Liu, S. T. (2014). Multi-period efficiency measurement in data envelopment analysis: the case of taiwanese commercial banks. *Omega, 47*, 90-98. https://doi.org/10.1016/j.omega.2013.09.001

[9] Jablonsky, J., Marek, L., & Berka, P. (2018). Multi-period data envelopment analysis models and resource allocation: a case study. *Journal of physics: conference series* (Vol. 1026, No. 1, p. 012002). IOP Publishing. DOI: 10.1088/1742-6596/1026/1/012002

[10] Bansal, P., & Mehra, A. (2018). Multi-period additive efficiency measurement in data envelopment analysis with non-positive and undesirable data. *Operational research society of India, 55*, 642-661.

[11] Tavana, M., Khalili-Damghani, K., Arteaga, F. J. S., & Hosseini, A. (2019). A fuzzy multi-objective multi-period network DEA model for efficiency measurement in oil refineries. *Computers and industrial engineering, 135*, 143-155.

[12] Xu, Y. W., Zhang, H. J., Cheng, K., Zhang, Z. X., & Chen, Y. T. (2021). Efficiency measurement in multi-period network DEA model with feedback. *Expert systems with applications, 175*, 114815. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114815

[13] Despić, O., Despić, M., & Paradi, J. C. (2007). DEA-R: Ratio-based comparative efficiency model, its mathematical relation to DEA and its use in applications. *Journal of productivity analysis, 28*(1-2), 33-44.

[14] Wei, C. K., Chen, L. C., Li, R. K., & Tsai, C. H. (2011). Using the DEA-R model in the hospital industry to study the pseudo-inefficiency problem. *Expert systems with applications, 38*(3), 2172-2176.

[15] Wei, C. K., Chen, L. C., Li, R. K., & Tsai, C. H. (2011). A study of developing an input-oriented ratio-based comparative efficiency model. *Expert systems with applications, 38*(3), 2473-2477.

[16] Mozaffari, M. R., Gerami, J., & Jablonsky, J. (2014). Relationship between DEA models without explicit inputs and DEA-R models. *Central european journal of operations research, 22*, 1-12.

[17] Mozaffari, M. R., Kamyab, P., Jablonsky, J., & Gerami, J. (2014). Cost and revenue efficiency in DEA-R models. *Computers & industrial engineering, 78*, 188-194. https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.10.001

[18] Gerami, J., Mozaffari, M. R., & Wanke, P. F. (2020). A multi-criteria ratio-based approach for two-stage data envelopment analysis. *Expert systems with applications, 158*, 113508. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113508

[19] Mozaffari, M. R., Gerami, J., Wanke, P. F., Kamyab, P., & Peyvas, M. (2022). Ratio-based data envelopment analysis: an interactive approach to identify benchmark. *Results in control and optimization, 6*, 100081. https://doi.org/10.1016/j.rico.2021.100081

[20] Mozaffari, M. R., Dadkhah, F., Jablonsky, J., & Wanke, P. F. (2020). Finding efficient surfaces in DEA-R models. *Applied mathematics and computation, 386*, 125497. https://doi.org/10.1016/j.amc.2020.125497